

## WIDE BAND UV-RAY IMAGE SYSTEM USING CATA-DIOPTRIC PRINCIPLE

Publication number: JP10177139 (A)

Publication date: 1998-06-30

Inventor(s): SHAFER DAVID R; CHUANG YUNG-HO; TSAI BIN-MING B +

Applicant(s): KLA TENCOR CORP +

Classification:

- International: G01N21/33; G02B13/14; G02B17/08; G02B21/16; G03C5/16; G03F1/00; G03F3/00; G03F7/20; H04N5/225; G01N21/31; G02B13/14; G02B17/08; G02B21/16; G03C5/16; G03F1/00; G03F3/00; G03F7/20; H04N5/225; (IPC1-7): G02B17/08; G01N21/33; G02B13/14; G03C5/16; G03F3/00; H04N5/225

- European: G03F7/20T22; G02B17/08A1; G02B17/08U; G02B21/16; G03F1/00Z; G03F7/20T16

Application number: JP19970194333 19970718

Priority number(s): US19960681528 19960722

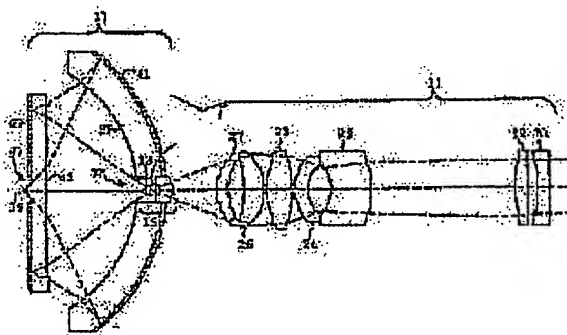
Also published as:

JP4108788 (B2)  
US6133576 (A)  
US5717518 (A)  
US5956174 (A)  
GB2315562 (A)

more >>

### Abstract of JP 10177139 (A)

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To dissolve the problems distortion due to aberration given to an image by an optical system, color aberration due to such a distortion and a high order correction in the horizontal direction remaining in a spectrum, by making a field lens corrected with the color aberration a cata-dioptic lens constituted of compound lenses. **SOLUTION:** In the image system provided with both characteristics of reflection and refraction, its cata-dioptic lens group 17 is constituted of a first optical element and a second optical element. The first optical element is constituted of a dish like lens 39 made of melted quartz, and its rear side concave surface is applied with application material 41 for giving a reflection characteristics.; The second optical element is constituted of the first lens 43 made of quartz, and its rear side concave surface is applied with the application material 45 for giving the reflection characteristics. Then, the curved surfaces and these positions of the first, second lenses 39, 43 are set so that primary color aberration correction in the major axial and horizontal axial directions are attained in the relation with a focus lens group 11.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-177139

(43) 公開日 平成10年(1998) 6月30日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

G 0 2 B 17/08

G 0 2 B 17/08

A

G 0 1 N 21/33

G 0 1 N 21/33

G 0 2 B 13/14

G 0 2 B 13/14

G 0 3 C 5/16

G 0 3 C 5/16

G 0 3 F 3/00

G 0 3 F 3/00

Z

審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願平9-194333

(22) 出願日

平成9年(1997) 7月18日

(31) 優先権主張番号

6 8 1 5 2 8

(32) 優先日

1996年 7月22日

(33) 優先権主張国

米国 (U S)

(71) 出願人 597103104

ケーエルエー・テンコール・コーポレーション

K L A - T e n c o r C o r p o r a t i o n

アメリカ合衆国、カリフォルニア州

95161-9055、サン・ホセ、ビー・オー・ボックス 49055、リオ・ローブルズ 160

(72) 発明者

デイビッド・アール・シェーファー

アメリカ合衆国、コネチカット州 06430、フェアフィールド、ドレイク・レーン 56

(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外4名)

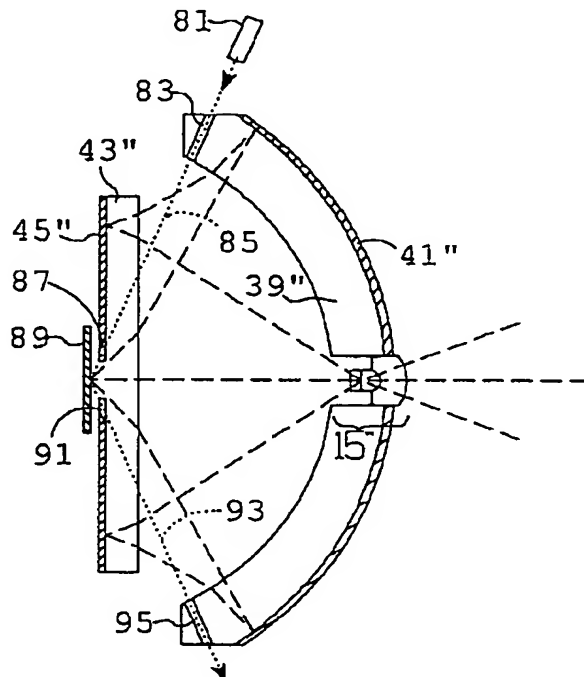
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 反射屈折面特性原理を用いた広帯域紫外線画像システム

(57) 【要約】

【課題】 光学系が画像に与える収差による歪み、これによる色収差、スペクトラムに於て残された横軸方向の高次の補正問題等を解決する。

【解決手段】 有効波長が広帯域に及ぶ紫外から遠紫外にわたるスペクトルの長軸並びに横軸方向と色収差等の各収差に関して第一次及び高次の補正機構を具備し、更に同スペクトル帯での画像歪と、或いは色収差に依る色彩の変調をもたらす収差に対して、高次補正を提供する複数のレンズ群から成るフォーカスレンズ群と、少なくとも2つの互いに異なる屈折特性を有するフィールドレンズ群と、更にカタディオプトリック群を有する。カタディオプトリック群は、焦点形成に大きく寄与する凹面の反射面と、色収差に依る第1次の色彩の変調を、フォーカスレンズ群と組合わせて補正する厚いレンズを含む光学要素から構成される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 単一の屈折率素材から構成され、所定の曲率を有する屈折面を含み、紫外光線を中間像において焦点が合うように選択された、光軸に沿った第1の位置に配置された複数のレンズ要素を含むフォーカスレンズ群であって、同時に本装置の他の構成要素と組合わせて画像歪と色収差の高度な補正能力を備え、バンド幅0.20から0.29ミクロンの波長で機能するフォーカスレンズ群と、

前記中間像に近接して光軸上に設置する正極性のフィールドレンズ群であって、実質的に凸レンズ性を有し、且つ少なくとも2つの異なる屈折率故に互いに異なる分散特性を有する複数のレンズ要素を含み、このレンズ要素の各屈折面は第2の位置に設定され、且つ、少なくとも第2次性の横軸に関する色収差を補正するように屈折面の曲率が選定され、前記バンド幅で機能するフィールドレンズ群と、

第1の光学要素と第2の光学要素とを含むカタディオプトリック群であって、前記第1の光学要素は、光軸に沿って前記中間像の近傍に設置され、少くとも1つの凹型反射面を有し、この中央に開口部を設けて中間像が発する光線を通過せしめる様に配備され、前記第2の光学要素は、中心部を除く其の背面に反射鏡膜を塗布する事に依って中心部は光透過性であるが、その他の面は、反射性を有して成る1つのレンズから成る、カタディオプトリック群とを具備し、

前記カタディオプトリック群の前記第1及び第2の光学要素は、前記第1の光学要素の中心部の開口部を通して伝播し、入射して来る紫外光が、前記第2の光学要素である前記レンズを通過し、その背面の塗布された鏡で反射して、逆進し、再び前記レンズを通過して、前記第1光学要素の凹面鏡に向かい、これにて反射し、三度び前記第2の光学要素である前記レンズを通過し、そして、中央の塗布無き開口部を通過して最終画像を結像するように配備されることを特徴とする画像処理装置。

【請求項2】 前記紫外線波長帯域のバンド幅が、0.20から0.40ミクロンを含むように設定されていることを特徴とする請求項1記載の画像処理装置。

【請求項3】 前記紫外線波長帯域のバンド幅が、0.193ミクロンを含むように設定されていることを特徴とする請求項1記載の画像処理装置。

【請求項4】 前記フォーカスレンズ群における単一の屈折率素材は、熔融石英であることを特徴とする請求項1記載の画像処理装置。

【請求項5】 前記フィールドレンズ群は、熔融石英、及び弗化ガラスで形成される複数のレンズ要素により構成されることを特徴とする請求項1記載の画像処理装置。

【請求項6】 前記第1の光学要素は、その中心部に孔を設けた凹面鏡を有し、その孔が前記中央の光学的開口

部を形成することを特徴とする請求項1記載の画像処理装置。

【請求項7】 前記第1の光学要素は、メニスカスレンズを有し、その凹表面は反射膜が塗布されていることを特徴とする請求項1記載の画像処理装置。

【請求項8】 前記中央の光学的開口部は、前記メニスカスレンズの中央の孔によって形成されていることを特徴とする請求項7記載の画像処理装置。

【請求項9】 前記中央部の光学的開口部は、前記メニスカスレンズ上の中央領域に形成され、この中央領域には、反射性塗布膜が欠損していることを特徴とする請求項7記載の画像処理装置。

【請求項10】 前記カタディオプトリック群は、少なくとも、開口数が0.8で最終画像の視野が0.5mmとなるように設定された反射表面曲率を有することを特徴とする請求項1記載の画像処理装置。

【請求項11】 第1の負レンズと、画像歪みによる色収差を修正するために実質的に屈折力が零となるような集光器グループを形成するように、前記第1のレンズに近接して配置された、正の屈折力を有する第2の両凸レンズと、前記第2のレンズから間隔をおいて配置された第3の負メニスカスレンズと、前記第3のレンズの凹面に対向する凹面を有する第4の負メニスカスレンズと、正の屈折力を有する第5の両凸レンズと、正の屈折力を有する第6のメニスカスレンズと、前記第6のレンズの凹面に対向する凹面を有する、ほぼ屈折力が零の第7のメニスカスレンズと、を有し、前記第3から第7のレンズは互いに近接して配置され、これにより最小の画像歪みを有するフォーカスレンズグループを形成し、このフォーカスレンズグループは中間画像を提供し、

更に、他のレンズと異なる屈折材料で形成される少なくとも1つの正の屈折力を有する凸レンズと、少なくとも1つの負メニスカスレンズとを含むフィールドレンズグループであって、正味正の屈折力を有する、前記中間画像の近傍に位置するアクロマチックフィールドレンズグループを形成する第8、第9、及び第10のレンズと、反射膜が蒸着された前記第1のレンズに対向する凸面と、前記中間画像近傍に位置する第1の中央の光学的開口部とを有する第11の負メニスカスレンズと、前記第11レンズから間隔をおいて配置された第12レンズであって、屈折力が零に近く、第2の中央の光学的開口部を有し、前記第1レンズから離隔して対面する反射膜が蒸着された表面を有する第12の実質的に平坦なレンズと、を有し、それぞれ反射膜が蒸着された前記第11及び第12レンズがカタディオプトリックグループを形成し、このカタディオプトリックグループが、前記

10

20

30

40

50

第2光学開口部の直前の最終画像を提供する中間画像のための光フォーカシンググリレーを提供することを特徴とする画像処理装置。

【請求項12】 第3レンズは、第2レンズから少なくとも30ミリメートル離して配置され、第12レンズは、第11レンズから少なくとも30ミリメートル離して配置されることを特徴とする請求項11記載の画像処理装置。

【請求項13】 検査試料を400ナノメートルより短い波長の遠紫外線で照射するステップと、各蛍光画像がその波長帯域が各々少なくとも50ナノメートル以上離れるように設定して、単一の広帯域集光器を用いて試料から発する複数の波長を有する蛍光線信号を集めてそれぞれの前記蛍光画像を形成するステップと、前記複数の画像を可視光画像に変換するステップとを具備することを特徴とする試料の欠陥検査方法。

【請求項14】 検査試料を種々異なる波長の紫外線で照射するステップと、単一の広帯域集光器を用いて各紫外線波長毎に対応する信号を集めて多重の画像をそれぞれ形成するステップと、前記画像を検出するステップとを具備することを特徴とする試料の欠陥検査方法。

【請求項15】 検査試料が、フォトレジストを含む半導体ウェーハであることを特徴とする請求項14記載の欠陥検査方法。

【請求項16】 検査試料が、位相シフトフォトマスクであることを特徴とする請求項14記載の欠陥検査方法。

【請求項17】 前記検査試料上の欠陥の同定及び分類を行うために、前記画像を解析するステップを具備することを特徴とする請求項14記載の欠陥検査方法。

【請求項18】 検査試料を多数の波長を包含し、各波長間が少なくとも10ナノメートル以上、互いに離間している紫外線で照射するステップと、各波長に対応する試料の画像面を他の波長の焦点画面と空間的に離間して形成するステップと、各単波長の画面より大きな焦点深度を有するように、得られた画像面群をコンピュータにて統合して再構築画像を構築するステップとを具備することを特徴とする欠陥検査方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、広帯域スペクトルの紫外線(UV)画像を処理する光学システムに関わる。特に、広帯域スペクトルの紫外線画像を処理することを可能にする反射及び屈折の両特性を備えた光学レンズを用いた新しい画像光学システムに関わる。即ち、1つ或いは2つの要素レンズを組み合わせ、更に1つ或いは2つ

の要素反射面(鏡面)を加えて組み合わせ、新しい画像光学システムを構成している。本発明は、画像のゆがみ、ひずみ並びにそれ等と関連する色収差の矯正に関する諸問題について光学システムの設計的観点から解決を図ることを目的とする。

【0002】

【従来の技術】遠紫外線スペクトルは、0.30ミクロンから0.15ミクロンの波長域を意味するが、遠紫外線に於いて反射屈折の両特性を具備する光学レンズを用いた画像システムは公知である。

【0003】Shafer氏の米国特許5,301,976並びにElliott氏とShafer氏の米国特許5,488,229はそれぞれ、反射屈折光学レンズを用いた画像システムを公開している。上記の公知例では、ただ一つの屈折性材料のみで構成されたレンズ系が使われている。ここで言うただ一つの屈折性材料とは、熔融石英である。熔融石英は、遠紫外域で唯一透過性が良く他の物理的特性も使用に耐えるからである。例えば、弗化系ガラス(CaF<sub>2</sub>やLiF等)は遠紫外域で透過性が良いが、非常に軟らかくレンズへの加工は難しい。それ故、弗化系ガラスは可能な限り避けるのが普通である。上記Shafer氏の5,301,976特許に於ては、以下の様にSchupmann氏の色収差補正原理が採用されている。先ず、色収差を補正した虚像を形成する、そしてそれを反射面で受けて実像を構成している。この公知システムを図7に示す。各構成要素は、画像歪曲と色収差を修正する為の補正レンズ群101、中間像105を発生する為にレンズ群101を通過した光線を受けて焦点を結ばせるフォーカス(焦点形成)レンズ103、中間像105を結像するのに用いたフォーカスレンズと同じ素材に依るフィールドレンズ107、裏側を反射面にして鏡111を形成し、それによってフォーカスレンズ103が発生する光軸(長軸)方向に見られる収差の問題を補正するべく位置調整された厚板レンズ109、及び最終の像115を結像する為に中間像と厚板レンズ109の間に設置する球面鏡113である。ここでは、球面鏡113が主に焦点を形成する作用に寄与している。中間像105に近接して厚板レンズ109を設置し、その中心部に小穴を設け、その小穴を通して中間像105からの光線をこれに入射させる。厚板レンズ109の背面の鏡面111は同様に小穴119を設けて、球面鏡113が作る焦点を経由した光線を通過せしめて、最後に像115が結ばれるようにする。さて、光軸(長軸)に沿った第1次色収差は厚板レンズ109でその補正をする一方、中間像105の点にOffner氏型のフィールドレンズを設置し、第2次色収差の補正を実施している。中間像105の点に於て、僅かにOffner氏型のフィールドレンズの位置を調整すると第3次色収差の補正を行なうことが出来る。こうして、広帯域の紫外線スペクトルに関して光軸方向の色収差は完全に補正することが出来る。このシステムで

は、狭帯域の横軸（光軸と直角の軸）に於ける色収差も偶然に解決することが解っている。でも、それ以上の補正は出来ない。即ち、上記に述べた以上の問題である第2次、及びより高次の横軸に関する色収差を広帯域の紫外線スペクトルに関して求めることは、この例では不可能である。

【0004】上記で引用したElliott氏とShafer氏の米国特許5,488,229が提案する光学系は、Shafer氏の5,301,976特許が提供するものの変形である。ただ、5,488,229が提案する光学系は0.193ミクロンの紫外線、即ち高出力エキシマレーザー光源に於ける場合に最適化されたものである。この場合図8に示したが、121'で示した硬い固体表面を切断加工する様な装置を想定している。このシステムは図7と同様である。その構成要素に関して述べると、画像歪曲と色収差の補正レンズ群101'、フォーカスレンズ103'、中間像105'、フィールドレンズ107'、厚板レンズ109'、2つの鏡面111'と113'、2つの中心の小穴117'と119'であって、図7と同様に最終の像115'を結像している。但し、この場合、上記との違いは、フィールドレンズ107'の設置位置を変えている点にある。その理由は、中間像もしくは、焦点105'がフィールドレンズ107'の外側に配置される様に考慮して、高出力レーザーが焦点を結んで発生する高温からの熱的損傷を免れる工夫をしているからである。更に、2つの鏡面111'と113'は、レンズ体108'と109'の面に形成している。スペクトルの組み合わせがどうあっても、両方のレンズ108'と109'を共に通過する光線は、図7の厚板レンズ109の場合と同様に、この場合でも長軸方向の色収差に関し第1次補正が実行される。唯、ここで異なるのは、関連する全レンズの厚さを減らしても同じ様な効果が得られるという点である。熔融石英をもってしても波長0.193ミクロンの紫外線では好ましくない吸収が発生する。そのため高出力レベルで、しかもこのような短波長帯では、関連する全レンズの厚さを減らすことの効果は、大きい。0.193ミクロンの紫外線エキシマレーザー光源の帯域は相対的に狭いと言える。但し、0.193ミクロン近辺で紫外線の散乱が熔融石英の中で無視出来ぬ程に大きくなる。従って色収差の補正が必要な事情は変わらない。上に述べた2つのシステムは、共におよそ0.6の開口数を達成している。

#### 【0005】

【発明が解決しようとする課題】光軸（長軸）方向の色収差による歪みは、各波長毎に其の焦点位置がずれるという問題を発生する。公知例の図7の場合、近紫外から遠紫外の0.2から0.4ミクロンにわたる広いスペクトラムに於て第1、第2、第3次補正を完全に実施出来る。一方、横軸に関する収差の意味は倍率即ち、画像のサイズが波長依存性を有することに他ならなく、従って必

ずしも色の違いとして現れる訳では無い。図7のシステムでは、先にも述べたが、第1次補正は完全に実行されている。唯、それより高次の補正は実施されずに残されている。広帯域では、これが残された歪み、即ち収差の問題として残る。

【0006】本発明は、広帯域紫外線スペクトル特性を有し、且つ反射及び屈折の両特性を具備する光学レンズを用いた画像システムを提供して、この問題を全て解決することを目的とする。光学系が画像に与える収差による歪み、その様な歪みがもたらす色収差、上で述べた長軸方向、及び横軸方向に関する色収差の問題、近紫外から遠紫外の0.2から0.4ミクロンにわたる広いスペクトラムに於て残された横軸方向の高次の補正問題等々の全てに関して、本発明は解決することを目的とする。

#### 【0007】

【課題を解決するための手段】この発明によれば、色収差の補正に加えて、優れた紫外線画像を観察する顕微鏡用の対物レンズ、或いはリソグラフを実現する為の、即ち超LSI向けの画像投影装置の為の光学系を提供することが可能になる。最終画像の質を上げる為に開口数を大きくとり、一画面の視野を観察試料上で少なくとも一辺0.5mm程度を可能にしている。この光学系は、好ましいことにテレセントリック（平行光線機能を持つ）である。

【0008】色収差補正がされるフィールドレンズを複合レンズで構成して成る反射及び屈折の両特性を具備する画像システムを構築することに依って、本発明の目的は達せられる。ここで言及した複合レンズは、2種或いはそれ以上の異なった屈折特性を持つ要素素材を組み合わせる。一例として、熔融石英と弗化ガラスを組み合わせる。このフィールドレンズは、複合レンズ故ダブレット（2つで一組み）や、出来ればトリプレット（3つで一組み）が考えられる。これら各レンズ単体どうしを互いにセメントで接着して一体にして複合化することが出来る。場合に依ってはお互いに少々の間隔を空ける方が良い場合もある。熔融石英と弗化ガラスは、その遠紫外での分散特性が互いに大きく異なるものでは無く従って各々のレンズ単体の倍率を大きく採ることが可能である。上記の如き収差補正がされているダブレット或いは、トリプレットのフィールドレンズは、長軸方向のみならず、横軸方向についてもその色収差の完全補正が広帯域にわたって可能である。繰返すが、収差補正の為のフィールドレンズはダブレット或いは、トリプレット構成の複合レンズであって単体のレンズであってはならない。

【0009】本発明による光学系は、少なくとも紫外線帯域0.20から0.29ミクロンの波長域で動作し、出来るなら、0.20から0.40ミクロンを越える範囲で動作するのが望ましいと言う観点に基づく。その構成は、焦点形成の為のレンズがあつて、これは上と同じく単数でなく複数で構成する複合レンズであるが、但し

全てなるべく同一素材である様に配備する。そしてこの表面は曲面加工を施して固有の屈折特性をもたせ、その設置位置を調整して、中間像を形成するように選定する。当然、中間像は高次の補正が施される結果を生ずる。従って、このシステムは、0.193ミクロンの波長帯域に於て機能することが可能である。更に本システムは、上述のフィールドレンズ群を保有する。このフィールドレンズ群は中間像の近傍に設置して、全ての色収差、長軸に関する高次補正と横軸の色収差の補正を実行する。中間像が形成される平面の位置は、フィールドレンズ群の内部、或いは外部でも構わなく、要は最適化を図ることが重要である。反射と屈折の両特性を持つカタディオプトリックレンズ群は、球面凹型反射体を保有する。これは鏡を用いても良いがレンズに反射膜を被覆しても良い。他に平坦或いはそれに近い「ほぼ平坦形状の反射体」を、レンズに反射膜を被覆して形成し、最終画像面の近傍に設置する。上で述べた2つの反射体は、共に開口部（反射体等の障害物は無く光が透過する）をその中心に形成して、光線が中間像と凹面反射体を結んで通過し、平坦（「ほぼ平坦」）反射体で反射し、凹面反射体に入射して反射し、次は途中の補助レンズを通過して平坦反射体を通過する。

【0010】このシステムでは、その開口数が少なくとも0.7となり、更なる特長は大きな視野画面、試料上で一辺0.5mmが得られることである。且つ広帯域に及ぶ好ましいスペクトル特性を実現し、近紫外から遠紫外線迄、広く平坦な特性を保持する。このシステムは、複数の光学系の組合わせで有効に動作する。例を挙げれば、明視野照明光学系、指向性並びに非指向性暗視野光学系、蛍光画像の処理装置、ドーム状散乱光処理系及びコンフォーカルと称する焦点共有型の顕微鏡等々である。これ等の紫外光画像系は、良好な分解能を提供するのみならず、物質の定性分析、即ち物質の同定に有効である。その理由は、紫外での反射率や吸収、散乱特性（波長のマイナス4乗に比例する）、屈折高調波、更に蛍光発光特性が物質の特性に依る変動等々、物質依存性が強いからに他ならない。広帯域紫外光画像系は、光源に紫外線ランプを導入して構成する。当然、この紫外線光源は非可干渉光を提供するので、通常の非干渉画像処理を実施することが出来る。一方、勿論であるが他の特殊技術に応用することも可能である。例えば、ニッポディスクをこの紫外線スペクトルと組合わせて、コンフォーカル、即ち焦点共有型の顕微鏡等々を構築することが出来る。紫外並びに遠紫外広帯域レンズの応用範囲は広く存在する。一例はパターンが転写されてなるウェーハ並びにマスク、レチクルを外観検査観察する応用、物資を一部被覆しその上で切断する応用、集積回路のリソグラフに使用する応用、生物学的顕微鏡に使う応用、金属工学顕微鏡への応用、スペクトル分析への応用等々である。

# 【0011】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の実施形態を示しており、カタディオプトリック（反射と屈折の両特性を有する）を共に具備して成る画像システムであって、特に広帯域遠紫外線に於ける応用を意図している。先ず、フォーカス（焦点形成）レンズ群11にて構成され、中間像13を形成する。そして、フィールドレンズ群15を中間像13の近くに設置して、歪みの為に発生する色収差の補正を実行する。更に、反射と屈折の両特性を共に具備して成る画像光学要素群17があつて中間像13からの光線を通して最終画像19が形成される様にする。この画像システムは以下に述べる点で最適化されている。その詳細を述べると、単色光に見られるSeidel氏の光学的歪み、長軸並びに横軸方向の光学的歪みと収差、更に単色光の光学的歪み等々が全て重なって原因となる色収差の全てを補正且つ修正することが出来る。この系が機能するスペクトル範囲は、遠紫外域にわたって大変広く、少なくとも0.20ミクロンから0.29ミクロンを包含する。但し、場合によってはもっと広範囲にわたって機能し、そのスペクトル域は0.20ミクロンから0.40ミクロンを包含する。従って、上記何れの場合でも、KrFエキシマレーザー光線0.248ミクロンと0.254ミクロンの水銀アーク放電管の光をその範囲内に含んでいる。上記の広いスペクトル帯域は、0.365ミクロンの水銀アーク放電管からの光線（i線と呼ばれる）を含んでおり、0.351ミクロンのXeFエキシマレーザー光線、並びに0.325ミクロンのHe-Cdレーザー光をも包含している。上記の他に広範囲のレーザー光源やアーク放電光源が、この範囲に存在して実用化されていることを銘記する。勿論本システムは、色収差補正装置として有効であり、上記以外の紫外域でもその画像処理能力を提供することが出来る。その一例を述べれば、0.19から0.40ミクロンのバンドが考えられるので0.193ミクロンのArFエキシマレーザー光に依る画像を、本発明の方法で画像処理することが出来る。勿論、狭帯域光にも応用出来ることは言う迄もない。本発明に依る反射と屈折の両特性を共に具備して成る画像システムは、種々の紫外線域の画像処理装置に応用可能である。二、三例を示すと、紫外線顕微鏡用対物レンズ、ウェーハ外観検査装置に於ける表面散乱光に対する其の集光器、或いは集積回路製造に使う紫外線フォトリソグラフ工程に於ける紫外線マスクパターン投影の為の光学系等々がある。

【0012】図1中の焦点設定レンズ群11は、各21から27迄の7つのレンズ単体が構成する。その内21と22の2つのレンズは、他の23から27迄の5つのレンズとは、相当の距離を置いて設置する。この焦点レンズ群でレンズ21と22の対を、わざわざ残りの5つのレンズ群23から27迄（これ等5つが、主になって焦点設定サブグループを構成している）と離間して設置

する状況をここに特記する。その離間距離は、23から27迄の5つの全レンズの厚さ総計の半分程度に設定する。例えば、要素レンズ群23から27は、空間距離60mmに分布して設置させる。そして、要素レンズ22は、要素レンズ23からの距離30乃至60mmの点に設置する。上記レンズの実際の設定位置は、全体的要素を勘案した設計値でもって決定する。さて、レンズ21と22は、対でもって第零次の色収差補正と単色光的な画像歪の補正に有効である。これでもって、コマ収差と非点収差が原因で発生する色収差が補正出来る。迎角(field angle)に依ってもたらされる、この対になった2つのレンズ上の光軸のズレは、これ等レンズを相対的に遠くに設置する時に最大値になる。ズレは最大になるが、それでもって、非点収差に依る色収差の補正を実行する上で最大の効果が出る。図1に於て、次にこの焦点レンズ群の内の5つのレンズ23から27迄は、焦点形成の為に主たる(サブグループ)レンズ群を構成し、其の内訳は、1つの厚い凹凸両面を持った皿状の(全体として負、即ち凹レンズとして機能する)レンズ23と、それに対向して強い曲率で凹凸両面を有する皿状の(全体として負、即ち凹レンズ機能の)レンズ24、強い曲率の両面が凸状のレンズ25、強い曲率で凹凸両面を有する皿状の(全体として正、即ち凸レンズ機能の)レンズ26、それに対して逆を向き、強い曲率で凹凸両面を有する皿状の(全体として弱い正、或いは弱い負、即ち弱い凸、或いは弱い凹レンズ機能の)レンズ27でもって構成する。勿論、上記レンズ23から27の細かな内訳の内容を変えても良い。フォーカス(サブグループレンズ)群は中間像を結像する。当然であるが、レンズ面の曲率を選択して、単色光に於ける歪を最小にするのが良い。更に、対になっている21と22の選定に於て、歪が光源の色、即ち波長依存性が最小に成るように設計するのが良い。

【0013】フィールドレンズ群15は、図2に示した。これは通常、色収差を補正したトリプレット(三つ組み)でもって構築する。勿論、2つで構成するダブルレット(対)であっても良い。素材は、熔融石英及びCaF<sub>2</sub>ガラスを使う。他に遠紫外で透明な屈折体は、MgF<sub>2</sub>、SrF<sub>2</sub>、LaF<sub>3</sub>それからLiFを成分とするガラス或いは、これ等の混合物が使用出来る。しかし、注意すべきは、これ等の一部の素材は完全に非晶体でないと複屈折性を有することである。完全に非晶体でないということは、ミクロに見て結晶性を有することを意味する。遠紫外を透過する2つ材料である熔融石英とCaF<sub>2</sub>ガラスに於て、光分散に着目すると、遠紫外域で両者の分散特性はそれ程変わらないことが解る。一方、フィールドレンズ群15の各要素はそれぞれ大きな硬度を有する。三つ組みレンズ群15の内容は、例えば皿状の石英凹(負)レンズ31、両凸面(正)CaF<sub>2</sub>レンズ33、及び熔融石英製で両凹面(負)レンズ35で構成し、全てをセメントで接

着する。この組合わせでの最適設計を実施すると、中間像13を三つ組みレンズ群15の内部に結像することが出来る。一方に於て、図3で見られる様に、色収差を補正するフィールドレンズ群の構成を次の様にすることが出来る。その組合わせは、2つの熔融石英に依る皿状凹レンズ51と53を少々(約1mm程)の距離を置いて対面させて設置し、続けて両凸面(正)CaF<sub>2</sub>レンズ55を、2番目の両凸面(正)CaF<sub>2</sub>レンズ53の近傍に隣接して置く。上記の第2の組合わせでの最適設計を実施すると、中間像13を三つ組みレンズ群15の外部であって、CaF<sub>2</sub>レンズを越えて、その向う側に結像させることが出来る。これ等の実施形態に於てどちらの場合も、フィールドレンズ群15の設計に関して、各レンズの表面曲率と設置位置を調整して残っている高次(第2、第3次)の長軸並びに横軸方向の色収差を補正することが可能である。第1次色収差の補正は主としてレンズ自体で実行することが出来て、実際に上の例では、反射と屈折の両特性を共に具備して成るレンズグループ17と、フォーカスレンズ群11が、その作用を有する。さて、フィールドレンズ群15に於て2つ或いはそれ以上の屈折特性を有する素材を使うことを考えよう。その実例は、熔融石英と弗化カルシューム(CaF<sub>2</sub>)ガラスがあるが、単一素材を用いたフィールドレンズ群が長軸方向の色収差を補正する事実は、公知例で知られているが、本発明の場合は、更に加えて横軸方向の高次色収差をも完全に補正することを得る。

【0014】図2、図3に見る様に、中間像、即ち中間焦点はフィールドレンズ群15の内側にも外側にも設定することが可能である。但し、もし中間像がフィールドレンズ群15の内側に設定されれば、収差及び画像の歪みはもっとも効果的に修正されることを見出した。一方に於ては、中間像13はフィールドレンズ群15の外側に設定した方が好ましい場合がある。それは光出力が極度に大きい場合であって、その時の危険は、強い熱が発生してフィールドレンズ群の1つの或いは複数のレンズのガラス材を傷めてしまうことがあり得る。更に、レンズのガラス材の不均一性に由来して画像の微小な擾乱が発生することは、屢々見られる。しかし、フィールドレンズ群15と中間像13を空間的に離せば、この問題はより少なくなる。

【0015】図1の反射と屈折の両特性を共に具備して成る画像システムに於て、その反射屈折両性レンズ群17を構成するのは、第1の光学要素と第2の光学要素である。第1の光学要素は、熔融石英製皿状レンズ39にて構築し、この裏側の凹面は反射特性を持たせる目的で塗布物質41を塗る。次に、第2の光学要素は、第1の石英製レンズ43にて構築し、この裏側の凹面は反射特性を持たせる目的で塗布物質45を塗る。(反射屈折両性レンズ群17の2つのレンズ39と43は、その前面が互いに向き合う様にセットする。)反射性表面塗布材

41と45は、アルミニウムが代表的に使える。そして酸化を防ぐ為に、弗化マグネシウム $MgF_2$ をその上に塗布して被覆する。アルミニウムは、遠紫外から近紫外にわたって、少なくとも92%近くの高い反射率を有し、その均一性も高い。反射性表面塗布材として、可視光に於て使用出来る他の素材も存在するが、その波長依存性が大き過ぎて使用には耐えない。或る場合は、可視光で使えても遠紫外では不透明であって使えず、更に悪い素材では、光の吸収体になってしまう場合がある。例えば銀の場合は0.32ミクロンの波長では、その反射率がたかだか4%に迄減少する。唯、アルミニウムに代わるべき素材は60%という幾分劣る反射率ではあるが、モリブデン、タンゲステン、それにクロムがある。光出力が相当程度に高い場合、例えばレーザー切削機への応用では、これ等は有効であろう。特殊な塗布材には、長波長通過型フィルター向きのもの、短波長通過型フィルター向きのもの、更にバンドパス向きのもの、入射角度でその色に変化して見える2色性反射材、一部波長でのみ透過性、或いは反射性のもの、蛍光性塗料等々があって、応用に依って使い分けることが出来る。

【0016】第1の光学要素である皿状レンズ39は、その中央に小孔37を形成しそこを光軸が通過する様にする。レンズ表面上の反射性塗料41は、当然ながら中央の小孔37で終端するので、この小孔は中央の開口部として作用し、光の通過を可能にして、レンズ39も反射膜41もこれを遮蔽することはない。小孔37が形成する光学的開口部は、中間像13の近傍に存在する様に設計して光エネルギーの損失を最小にする。色収差補正の為にフィールドレンズ群15は、小孔37の中か近傍に設置する。第2レンズ43には通常小孔を設けない。但し、表面反射膜45には開口部、即ち窓の部分47を設けて、その部分は反射膜を塗布しない、即ちここは膜の欠損部になる。この部分が、窓47の中心に形成されて、別の光学的開口部となる。反射膜41を有するレンズ39に於ける光学的開口は、必ずしもそのレンズの小孔37に依って定義する必要は無く、反射膜41の欠損部に於て定義するべきと考える。この場合も、レンズ43と塗布膜45の時と同様に考えれば良い。この場合、光線はもう1度だけ、レンズ39の屈折性表面を通過することになる。

【0017】塗布膜を有する鏡45は、平坦か或いは、緩やかなカーブ面が好ましい。緩やかなカーブ面であれば、この反射要素としての鏡の中心点の決定に於て若干の誤差が許容される。一方、平らな鏡であれば一切そのような誤差許容は無い。その為に、平らな鏡45では組立て時の正確な位置決め精度が、そうでない時と較べてより厳しくなる。以下に更に詳しくのべる。もし塗布鏡膜45が緩やかなカーブの凹面であれば、この鏡膜45が、反射屈折両特性を備えたこの画像システムにて観察下にあるウェーハの表面、或いは他の観察物体と接触

する事例は稀になる。従って、レンズ43の裏面の鏡膜45及び観察物体の両方の接触に依る損傷を防ぐことが出来る。

【0018】中間像からの光線は、第1レンズ39中の光学的開口37を経由し、更に第2レンズ43本体を通過するが、此处で平坦な或いは平坦に近いレンズ43の後部に設ける反射膜45が形成する鏡の効果で反射が起きるように設定する。次に光線は、再び第1レンズ39を通過した後、鏡面41にて反射して逆進し、第1レンズ39本体を通過する。最後に、光線は強い集光性を帯び、第2レンズ43本体内部を3度目の通過をする。第1及び第2レンズの曲面とその位置は、フォーカスレンズ群11との関係で長軸並びに横軸方向に於ける第1次色収差補正が達成される様に選定すると好都合である。

【0019】光学的各要素部品の結合、組立に際しては、セメントで繋いでも良いしそうしなくても良い。セメント接着法に於ては、組立作業が容易になる利点がある。よって、この方法で出来上がる対物レンズは比較的安価に仕上がる。セメント接着法のもう1つの特徴は、位置合わせ後のずれは考えられないので、丈夫で機械的に信頼性が高く仕上がることである。セメント接着法の更なる特徴は、環境に敏感な材料を封入してしまうことを可能にする。この実例は、 $CaF_2$ レンズであって、これを別のレンズの間にセメント接着にて封じ込めることが出来る。他方、高分子重合体材料をセメントの代わりに、レンズ組立に使用することが出来る。しかし問題は遠紫外線に依って、この高分子重合体材料は損傷を受けやすいことである。そうすると、最後には損傷に依って光学系全体に影響が出ざるを得ない。そして、高出力遠紫外の応用では、特にその寿命に問題が出る。従って、セメントを使わない組立レンズを高出力遠紫外線に應用するに際し、常に長期信頼性が難点になる状況がある。中間像近傍に設置するフィールドレンズ群に於ては、紫外線が最も集中し高密度になるので、このセメント系を使うか或いは他の方法を使うかの設計上の選択は、長期信頼性との関係に於て重要な決定にならざるを得ない。

【0020】広帯域の紫外線光学系に於ける最適設計の2例を次頁と次々頁に示した。その1つは図2のフィールドレンズ群であり、他の例は、図3のフィールドレンズ群である。これ等について、次に述べる。以下のレンズ表面に関する設計データは、0.200、0.220、0.245、0.290及び0.400ミクロンの波長の屈折率の値(空気に対する相対値)に基づいている。結果として得た設計例では、開口数0.9、視野画面の対角線長を0.5mmとした。設計値を変動させて種々の設計的研究を実施した。その結果解ったことは、開口数をやや小さめに、例えば0.7にすることも出来、この時は系の長さ、特に対物レンズと観察試料間の距離が大きくなり、この条件下でレンズ表面の曲率を最適化することが出来る。このような設計例は、レチクル検査に適

している。何故なら、レチクル検査では、対物レンズとレチクル間の距離を大きくとることが好ましいからである。レンズ表面の曲率の設計値を変動させることが、同様に出来る。この場合で長軸及び横軸の収差が補正されている狭帯域光と言う条件で、0.193ミクロンのAr Fエキシマーレーザー光源を含む様に、0.19ミクロ\*

\*ンから0.400ミクロンの、或いは更に狭い波長域に於て、この光学系を最適化することが出来る。実施形態1と実施形態2は以下に示した。

【0021】

【表1】

表面番号	曲率半径mm	間隙 mm	材料
1	1105.700	4.000	熔融石英
2	53.051	2.500	空気
3	284.061	5.000	熔融石英
4	-57.181	60.000	空気
5	39.782	15.000	熔融石英
6	13.379	7.977	空気
7	-12.955	5.169	熔融石英
8	-17.192	1.000	空気
9	42.964	8.000	熔融石英
10	-55.269	1.000	空気
11	18.436	8.000	熔融石英
12	91.574	6.253	空気
13	-20.802	4.000	熔融石英
14	-21.768	17.120	空気
15	7.217	5.494	熔融石英
16	2.259	3.000	弗化カルシュームガラス
17	-11.760	1.500	熔融石英
18	373.721	39.730	空気
19	平坦	7.000	熔融石英
20	平坦	-7.000	反射膜/熔融石英
21	平坦	-36.000	空気
22	50.470	-9.500	熔融石英
23	64.290	9.500	反射膜/熔融石英
24	50.470	36.000	空気
25	平坦	7.000	熔融石英
26	平坦	1.500	空気

【0022】

【表2】

表面番号	曲率半径 mm	間隙 mm	材料
1	-67.007	4.000	熔融石英
2	50.308	2.000	空気
3	120.297	6.000	熔融石英
4	-37.494	30.636	空気
5	24.138	10.000	熔融石英
6	13.441	9.532	空気
7	-13.518	7.546	熔融石英
8	-17.997	1.000	空気
9	34.465	6.000	熔融石英
10	-517.022	1.000	空気
11	18.268	10.000	熔融石英
12	965.352	4.181	空気
13	-30.177	9.746	熔融石英
14	-28.138	7.892	空気
15	-19.346	2.500	熔融石英
16	-36.530	1.000	空気
17	6.687	5.026	熔融石英
18	2.044	0.017	空気
19	2.044	2.000	弗化カルシウムガラス
20	-90.635	36.108	空気
21	-908.968	7.000	熔融石英
22	-1000.000	-7.000	反射/熔融石英
23	-908.968	-36.000	空気
24	48.244	-9.500	熔融石英
25	63.204	9.500	反射/熔融石英
26	48.244	36.000	空気
27	-908.968	7.000	熔融石英
28	-1000.000	1.500	空気

【0023】図1の画像処理システムを発展させて、顕微鏡の対物レンズ系に筒型形状を使う設計の例を図4に示した。紫外線光源61からの光は図1の対物レンズを通して、観察試料表面を照射する。この場合の紫外線光源61には、水銀蒸気ランプかエキシマレーザーを用いる。一方この設計実例は、伝統的な照明光学系のレンズとスリット等、63、65、67をも同時に具備し、その上更に対物レンズ系に於ける光線の経路にはビーム分割器69を配備する。図1の対物レンズ系が受けた光線が画像処理される為に設定する経路には、上述のビーム分割器69を配備し、これを通過した光線は顕微鏡筒に進入する。この顕微鏡は、反射屈折両特性レンズ群を具備することも出来る。顕微鏡筒は、皿状の凹レンズ対71と73を包含し、これ等は互いに接近して対向するべく設置する。そして、2つの円形の鏡75と77を導入して互いに一定の距離を置く様にし、更にこれ等は、凹レンズ対71と73からも一定の距離を置く様にす

る。そしてこの例では、その一定距離としては各々、最小400mmとする。鏡75は、鏡77と凹レンズ対71と73に向けて凹面に設定する。一方、鏡77は、鏡75に向けて凸面に設定する。これ等の曲率は、1,000mmとする、即ち殆ど平面である。2つの鏡73と75で光線は折りたたまれ、この時に光線は筒の軸線から外れる傾向になる。従って、筒長は500mmを越えるのは難しい。図1で対物光学系を最適化した例では、以下に示す表3の通りに屈折性と反射性を光学要素71、7

3、75と77に持たせる。

【0024】

【表3】

表面番号	曲率半径 mm	間隙 mm	素材
1	-92.965	4.989	熔融石英
2	-96.420	1.000	空気
3	89.440	4.616	熔融石英
4	87.394	413.186	空気
5	-1219.400	-413.186	反射体
6	-1069.700	463.186	反射体

【0025】次に図5を参照する。図1の画像処理系の応用例を、ウェーハ検査装置に見出すことが出来る。これは、指向性を持ち暗視野に於ける散乱光の集光器になる。紫外線レーザーに依る照明光源81があって、これはビーム85を發しこのビームは、それぞれレンズ39"とレンズ43"に於けた小孔83と87を通過する。更に、反射屈折両性光学系に設定した反射膜面41"と45"で反射し観察ウェーハ表面89に達する。上記の変形例を考える。それは、もし反射膜面41"と45"が欠落した時であり、或いはこれ等が存在しても半透明な時である。これ等の場合は、それぞれ透明、或いは半透明の窓が当該反射膜を置換しているものと見なす。光線85が入射する経路は、当然半円形の反射体41"の下部から進入する場合もある。この時入射角は斜めになっている。法線を基準にして測るとこの角度は60度を超えている。その理由は、この画像処理系の開口数が(0.90であって)相当に大きいからである。照明に関しては、1方向からのみ実行する必要は無く、入射角も種々な値を採ることが出来る。試料で反射した光線93は、それぞれレンズ39"と43"及び反射性膜41"と45"に設けた小孔91と95を通過する。

(この場合、小孔91と95は反射性膜41"と45"だけに設けられている場合もあって当然である)。試料89上のパターン形成素材によって散乱される入射紫外線は、図1に示した如く反射と屈折の両特性を共に具備して成る画像システムでもって画像データとして結像する。そのプロセスは、カタディオプトリック(反射と屈折の両特性)レンズ系にて先ず信号光線を処理し、次にフィールドレンズ群で色収差を補正し、そして続く焦点

作用レンズ群でもって信号光線を結像させる為に、最後に鏡筒71、73、75及び77を経由する様に配備する。(図5では、61から69迄の光源に関しては、省略した。)

図5で示した指向性のものとは異なり、代わりに環状の暗視野照明を使用しても良い。この場合、環状の暗視野照明光源としては、環状のフラッシュランプであれば環状の光を出すことが出来るし、或いは半環状の光源を使って同じ半環状の窓を設けた照明光源、或いは半球(ドーム)を構築しその内部に反射膜を部分的に塗布して成る環状の部分反射体からの反射作用を使っても、環状の照明光源を構成することが出来る。上記の様な設定は、試料への紫外線照射に於て、一定の入射角度のみならず、これを種々変えた組み合わせで実現させることが出来る。

【0026】更に他の実施形態に於ては、この対物レンズ系はドーム型光散乱測定計器としても使用出来る。当該光散乱測定システムは、その反射体は長波長光パス型反射膜、短波長光パス型反射膜、バンドパス型反射膜、光散乱性反射膜並びに蛍光性反射膜を塗布して形成する。光散乱測定システムは、ドームの周辺に設置した検出器に、反射してきた光信号を入力して、ドーム全天(内部から見上げたドーム全体)に於ける蛍光出力の散乱模様が作る各パターンの強度等の測定を実施する。一方、ダイクロイック特性を有する素材がある。(このダイクロイック特性と言うのは、一部反射性、且つ一部透過性の素材である。即ち、入射光の角度で反射、或いは透過特性を有し、従って角度で色が変わる玉虫色になる。)ダイクロイック素材をドームに塗布してドームをダイクロイック的な鏡面にすれば、透過してきた光信号を

検出器で直読して散乱光の直接測定が可能になる。

【0027】図6は、ウェーハ検査装置を示し、特にその対物光学系86は、反射と屈折の両特性を共に具備して成る画像システムを応用して成立している。本発明の出願人が、本発明に依って、更に出願人の他の米国特許である4,247,203、4,556,317、4,618,938及び4,845,558を基礎にこのウェーハ検査装置を構築することが出来よう。それによると、製造途中の状態である複数の集積回路ダイ84を、ウェーハ82は包含して居り、この半導体ウェーハ82をステージ80の上に載せた様子を、図6でもって示している。紫外線顕微鏡の対物レンズ系86に対してステージ80は、X並びにY方向とシタ回転の運動を提供することが可能である。この場合、紫外線顕微鏡の対物レンズ系の1例としては、図1に示した反射屈折の両特性を共に具備した画像系を考えれば良い。ダイ84或いはその一部で反射して集光される光信号83は、ダイ又はその一部の拡大画像を対物光学系86でもって形成することが出来、その像はリレーレンズ、即ちレンズ系90を通過する。ここで、通過するレンズ系としては、図

4の筒状のレンズ系を想定すれば良い。そして、ビデオ系、例えば遠紫外線域で感度を有するCCD配列を用いたカメラ92を導入して、その開口部に光信号が入射する様に配備する。CCDカメラ92の出力94は、データプロセッサ96に入力する。ウェーハ検査装置では、入力したダイ又はその一部の紫外線画像の各ピクセルを、他の同様なダイ又はその一部の同様な紫外線画像の各ピクセルと各々比較する。或いは、その比較の対象は、他の同様なダイ又はその一部の同様な紫外線画像データで以前から蓄積保存中していたものを取出して来て互いにピクセルどうしを比較する。この比較作業の結果であるデータ98は、出力装置デバイスであるCRTとか、プリンタ、又はデータ記憶装置に、これを入力する。本発明の広帯域紫外線用レンズは、横軸方向の色収差を補正することが出来る。

【0028】このレンズの長所の一つは、一画面の視野のサイズを大きくすることが出来て、試料上の実寸法で対角線長が0.5mmも可能にする。一方、公知例の狭帯域紫外線用レンズでは、この値が大変に小さくその対角線長が0.1mm程度、或いはそれ以下である。この効果は大きく、視野面積比で見ても、少なくとも2.5倍を意味する。其の結果、ウェーハ表面、レチクル面、或いは同種の観察試料等、如何なるサンプルでも高速度検査を実現している。以前は、完了するのに20分から30分かかっていた検査時間が、今や1分以内となっている。この新型レンズは、その観察表面が優れた平坦特性を有する。この平坦特性は表面観察と検査の為に不可欠な要素である。ここで、強調したいのは、本発明以前には広帯域紫外線用対物レンズ系は一切存在していなかったと言う事実である。現に観察波長帯の如何に依っては、ツァイス社製対物レンズ型番Ultrafluor 100xでは、その焦点調整リングの調整と最適化作業を、常に必要としている。

【0029】しかしながら最も重要な本発明の長所を挙げれば、それは対物レンズの多重波長特性であると言える。即ち、広紫外線域で多数の複数波長で調整せずに良好に動作するのである。公知の対物レンズに於ては、広帯域では無く、どちらかといえば狭帯域であって、しかも良好な特性は例え得られても特定な単一波長に於てであって、良好な特性は多くの互いに離れた複数波長で同時に実現しない。公知のレンズに於けるその理由は、遠紫外域で、特に248nm近傍での帯域は狭く、色収差補正の限界でもって、10nm範囲の帯域幅しか良好に動作しない点にある。多くの紫外線の応用にあって、広い紫外線域で多数の複数波長を有する光源が必要になる。例えば、キセノン封入のフラッシュランプとアーク放電ランプがあって、これ等は光源として重用される。其の理由は、低価格であること、及び人工的な干渉性光線を含まない点にある。以上のような光源を使用する場合は、少なくとも20nmの、望ましくは100から200

nmの広帯域で、第1次並びに第2次以上の高次の色収差に関する補正を、長軸及び横軸方向に関して必要とする。他の例では、単一装置に於て複数、且つ多種の光源の波長が必要で、しかもそれ等が互いに離間していることを必要とする場合がある。この場合でも、同じ様に光源が発する広帯域の紫外線スペクトラムの色収差補正が必須になる。

【0030】365nmのi線と248nmの遠紫外線ステッパを使用するウェーハファブに於ては、本発明の広帯域紫外線レンズを用いたレチクル検査システムが効力を発揮する為には、365nmのi線と248nmの光源の切換えが必須であるが、本発明はこれを可能にする。この利点は重大で、レチクルが露光時に使用される、正にその同じ波長（波長マッチング）での検査が実現したのである。この波長マッチングは、上にも述べた様に、その利点は重大である。何故なら、これは最先端のフェーズ（位相）シフトマスク検査に不可欠だからである。フェーズシフトマスク検査は、波長マッチング無しでは意味をなさない。同様に、本発明の広帯域紫外線レンズを用いることに依って、ウェーハ上のフォトレジストのパターン検査装置に於て、新たな性能と言える「利用する波長の選択と切換え可能」の改良が実現した。フォトレジスト材料は、可視光では透明である。従って、可視光ではコントラスト不足で検査が困難にならざるを得ない。しかしながら、フォトレジストは、短波長域、即ち紫外では不透明になる。不透明化する波長の値は、それぞれ材料に依って異なる。よって、i線フォトレジストは、313nmの波長域で不透明化が達成されるので、この波長で高感度の検査が可能になった。遠紫外フォトレジスト（248nm専用レジスト）が塗布されたパターン付ウェーハに於ては、仮に220nm近傍の波長を用いて検査した時、その結果が波長248nmを使った場合の検査と比べて異なっても、それは当然である。本発明が提供するレンズ系をウェーハ検査に応用すれば、i線フォトレジスト及び遠紫外フォトレジスト共に、同一検査装置が使えるが、これは大きなメリットである。

【0031】同様に、遠紫外域で多数の異なる波長群を光源とした画像処理が可能になるので、この特長を有効に使って観察画像から観察試料をより深く理解することが出来る。例を挙げると、異なった物体は、異なった紫外線波長の光源でそれぞれ特異な反射特性を有する。大変ユニークな類似の例をもって論ずると、この状況は可視光との類推で「紫外線の色」と解釈することも出来る。（人間にとって「不」可視である紫外線も、本発明が示す様に、それを観察し得る（見る）ことが出来る）器械を創造することは出来る。）アルミニウムを除くと、殆どの金属は、遠紫外域で不透明である。一方、シリコンは遠紫外域でその反射率が大変大きい。もし紫外線検出に向けた画像センサーとして有効な半導体アレーを用いてカメラを構成し、これを決まった紫外線域を通

すバンドパスフィルターと、本発明の広帯域対物レンズを組み合わせると、観察試料の「紫色色画像」を写す画像装置とすることが出来る。この技術は、パターン付きウェーハ上のパターンの欠陥や、異物の分類に役立つことが解っている。上述の、例えば紫外線検出に向けた画像センサーに有効な半導体アレーとしての素材の例は、Cs<sub>2</sub>Te、Cs<sub>3</sub>Sb、K<sub>2</sub>CsSb或いは、GaAsPがある。本発明者等は、上記の半導体材料に加えて、シリコンの裏側を削って薄くした薄型構造のCCDに超小型レンズを搭載したシリコン製CCDアレーを、画像装置に応用して良い成果が得られることを実験で確かめた。

【0032】その結果、本発明のシステムを材料の蛍光特性を使った材料分析機として更に発展させることが出来ることを見出した。殆ど全ての有機の材料を含む多数の材料、例えば、フォトレジスト、蛍光体等々は、それぞれ異なる紫外線で励起することが出来る。其の励起の結果、励起光と異なる波長の蛍光を発する。本発明で示している広帯域紫外での画像処理に有効なレンズを以てすれば、0.2から0.4ミクロンの様々な波長に適合する蛍光検出装置を構築することが出来る。そして、蛍光の波長を分析することに依って、観察試料の材料成分の分析が、当然可能になる。反射屈折両性レンズの応用装置に於て、その紫外線反射性光学部品にフィルター性被膜を塗布することが出来る。フィルター性被膜の例としては、長波長パス型、短波長パス型、或いはバンドパス型のダイクロイックと称する二色の玉虫色特性を有する被膜がある。この様な被膜を塗布することに依って、一方では反射、散乱に依って存在する雑音成分の励起光を排除しつつ、蛍光体の発するシグナルを画像化することが出来る。

【0033】波長に比例し、且つ開口数の2乗の逆比例する、光学系の焦点深度は、紫外域で本質的に大変小さい値を有する。（焦点深度の典型的な値は、0.5から0.1ミクロン位の値になる。）この値は、小さ過ぎて常に問題である。この事実は、パターン付きウェーハに画像を転写する上で問題があるし、そして他の同様な観察表面でも、それが平坦でない時は、同様に問題である。本発明の広帯域紫外線光学系では、多数波長にわたる複数の光源群を使用してそれぞれ画像を結像するので、その各々の場合の焦点深度は全て異なる。

【0034】しかしながら、ソフトウェアを以て、焦点深度が各々異なる各画像を統合することに依って、系の焦点深度を実質的に約1ミクロンへと改善することが可能である。以下に例を述べよう。観察者は、ウェーハ或いは同様な観察試料の立体表面を、互いに離れた3種の異なる紫外線の色、即ちもっと具体的には各10から50nmずつ互いに離れた波長の光線で掃引する。（具体例はその波長が、各々0.20、0.22、0.24ミクロンの光線を用いる。）この時、観察試料の立体表面に関しては、別々の3枚の焦点面が得られる、即ち3枚

の別々の像面が結像する。ここで、コンフォーカル、即ち焦点共有型の顕微鏡に本発明の紫外線域の対物レンズを組合わせる。そして、上記 3 本の各波長に対応して別々のバンドパスフィルターを組合わせた検出器を構築して、この目的を実行する。こうして、得られた 3 つの画像は、ソフトウェアを以てサイバースペースの中で統合することが出来るので、合成画像となる。斯くして、焦点深度は実質的に拡大したことになる。開口数が高いレンズは高い分解能を提供するので、微細パターンを観察には大変有効である。開口数が高いレンズを使って、焦点の深さに応じた画像面を結像し、ソフトウェアを以てこれ等を統合して 3 次元 (3D) の画像を創造することが出来る。

【0035】本発明に依る紫外線対物レンズは、上述の如く多くの異なる顕微鏡検査の為の中核となる技術であることが解る。そして、この技術は色々な顕微鏡検査テクニックに貢献することが出来る。それ等は、前述の明視野、暗視野並びに蛍光に於ける画像プロセス技術に留まらず位相コントラスト、偏光コントラスト、差動干渉コントラスト、等々がある。具体的な一例を挙げると、本発明のシステムはコンフォーカル、即ち焦点共有型顕微鏡が結像する幾何学的画像に応用可能である。この場合は、紫外線ランプ光源と全視野一括結像方式で画像を撮り込み、レーザーに依る掃引はこれを行なわない。これ等のテクニックの一部、或るいは全部は、同時に並行して使う場合もあるが、同一対物レンズ下で、順を追って一つ終わって次に進む等、時系列上で直列に応用することも出来るのは当然である。

#### 【0036】

【発明の効果】本発明に依って、広帯域にわたる遠紫外線画像を処理するに当たって、画像歪み及び色収差共に高度な補正が出来る為に、種々多数の紫外線源を用いて画像処理機器への広範囲な応用が可能になった。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の一例を示しており、反射と屈折の両特性を共に具備して成る画像システムの側面を示す原理図である。

【図 2】本発明の一例を示しており図 1 の拡大図である。ここには、中間像 13 の近傍で特に色収差補正の為にフィールドレンズ群を示す。

【図 3】本発明の一例を示しており図 2 と同等の図 1 の拡大図である。但しここには、色収差の修正の為にフィールドレンズ群で図 2 とは別の例を示す。

【図 4】本発明の構成の側面を示す原理図である。これは、反射と屈折の両特性を共に具備して成るチューブ形状のレンズを示しており、これは図 1 のシステムに使うべく設計したものである。この応用例では、顕微鏡の無限遠修正対物レンズとして機能している。

【図 5】本発明の一側面を示す原理構成図であって、反射と屈折の両特性を共に具備する画像システムを応用し

た集積回路ウェーハパターンを検査装置の原理図であり、ここでは、暗視野に於ける光散乱手段を用いており、更に斜め投影のレーザー光でもって入射光を得ている。

【図 6】本発明に基づく一側面を示す原理図である。反射と屈折の両特性を共に具備した画像システムを特に対物レンズとして応用し、ウェーハ外観検査装置を構成している。

【図 7】公知例であり反射と屈折の両特性を共に具備した画像システムの側面を示す原理図。

【図 8】公知例であり反射と屈折の両特性を共に具備した画像システムの側面を示す原理図。

#### 【符号の説明】

- 11… フォーカスレンズ群
- 13… 中間像
- 15… フィールドレンズ群
- 17… 反射屈折両性レンズ群
- 21… レンズ
- 22… レンズ
- 23～27… レンズ群
- 31… 石英凹レンズ
- 33… CaF<sub>2</sub> レンズ
- 37… 小孔
- 39… 熔融石英皿状 (反射屈折両性) レンズ
- 41… 塗布物質、反射膜
- 43… 石英 (反射屈折両性) レンズ
- 45… 塗布物質、反射膜
- 47… 開口部
- 51… 皿状凹レンズ
- 53… 皿状凹レンズ
- 55… CaF<sub>2</sub> 凸レンズ
- 61… 紫外線光源
- 65… スリット
- 69… ビーム分割器
- 71… 皿状凹レンズ
- 73… 皿状凹レンズ
- 75… 鏡
- 77… 鏡
- 80… ステージ
- 81… 照明光源
- 82… 観察ウェーハ
- 83… 光信号
- 84… ダイ
- 85… ビーム
- 86… 対物レンズ系
- 89… 観察ウェーハ表面
- 90… レンズ系
- 91… 小孔
- 92… CCD カメラ
- 94… CCD カメラ出力

10

20

30

40

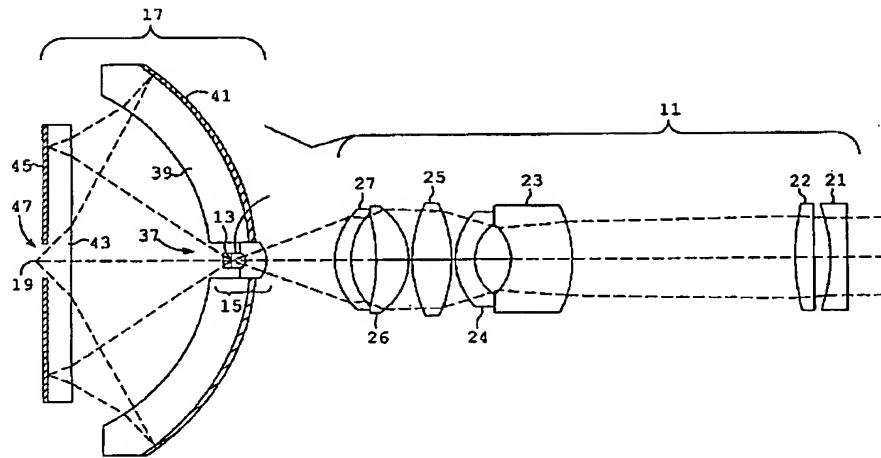
50

95… 小孔  
 96… データプロセッサ  
 98… データ  
 101… 補正レンズ群、101'… 補正レンズ群  
 103… フォーカスレンズ群、103'… フォーカ  
 スレンズ群  
 105… 中間像、105'… 中間像  
 107… フィールドレンズ群、107'… フィール  
 ドレンズ群

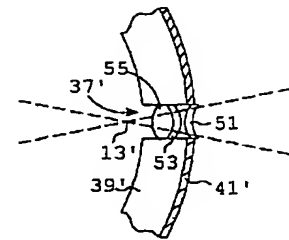
\* 108'… レンズ体  
 109… 厚板レンズ、109'… 厚板レンズ  
 111… 鏡、111'… 鏡、  
 113… 球面鏡、113'… 球面鏡  
 115… 最終の像、115'… 最終の像  
 117… 小孔、117'… 小孔  
 119… 小孔、119'… 小孔  
 121'… 硬い表面を持つ物体

\*

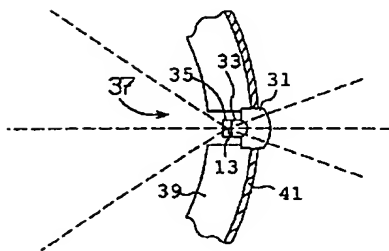
【図1】



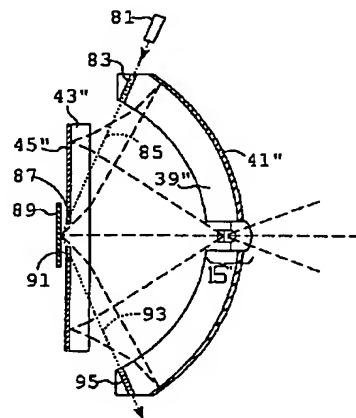
【図3】



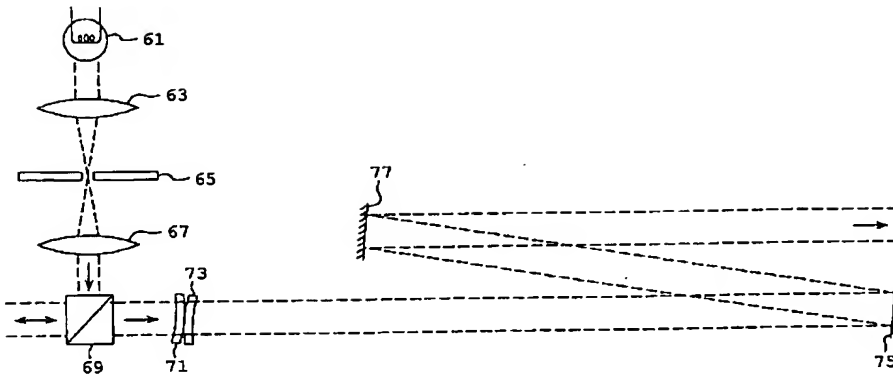
【図2】



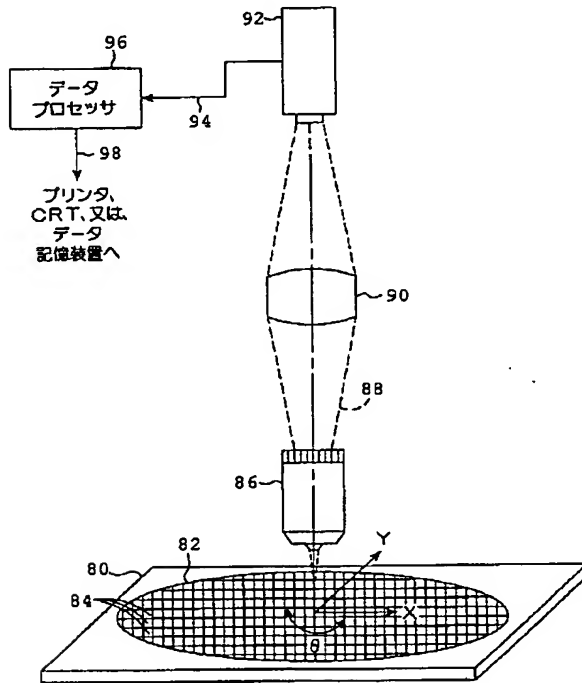
【図5】



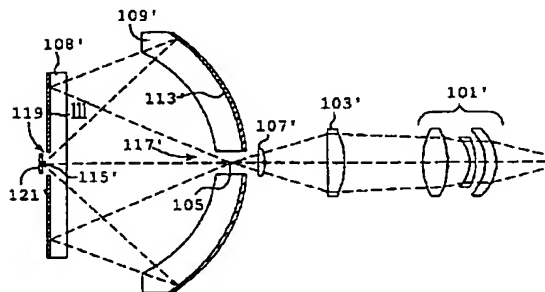
【図4】



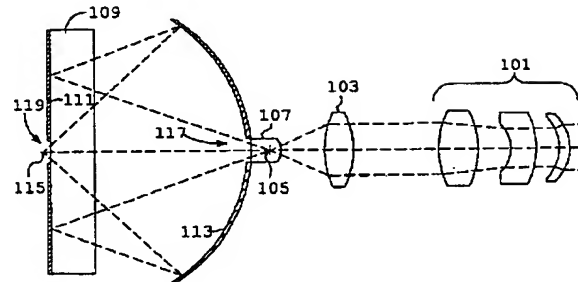
【図6】



【図8】



【図7】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>6</sup> 識別記号  
H 0 4 N 5/225

F I  
H 0 4 N 5/225 D

(72)発明者 ユン - ホー・チュアン  
アメリカ合衆国、カリフォルニア州  
95014、カッパーティーノ、ファーアロー  
ン・ドライブ 10678

(72)発明者 ビン - ミン・ビー・ツアイ  
アメリカ合衆国、カリフォルニア州  
95070、サラトガ、スコットランド・ドラ  
イブ 19801